

Objectifs : au terme de la leçon, je dois être capable de

- Donner la fonction du système bielle-manivelle ;
- Identifier les éléments constitutifs d'un système bielle-manivelle;
- Représenter son schéma cinématique ;
- Déterminer les grandeurs caractéristiques (course, vitesse et efforts).

1- FONCTION :

Le système bielle- manivelle est un dispositif composé essentiellement d'une bielle et d'une manivelle permettant de transformer un mouvement de rotation continu en un mouvement de translation rectiligne alternatif. Il est en général réversible.

Exemples d'application :

- ✓ Moteur à explosion : Transformation du mouvement de translation en mouvement de rotation.
- ✓ Compresseur : Transformation du mouvement de rotation en mouvement de translation.

2- CONSTITUTION :

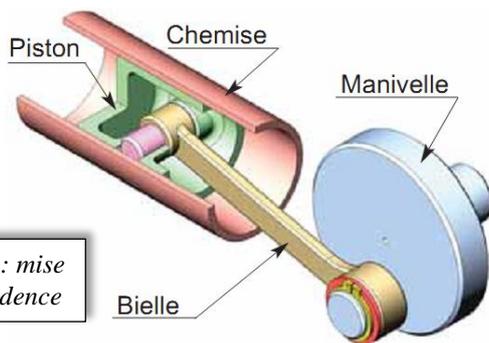


Fig.1 : mise en évidence

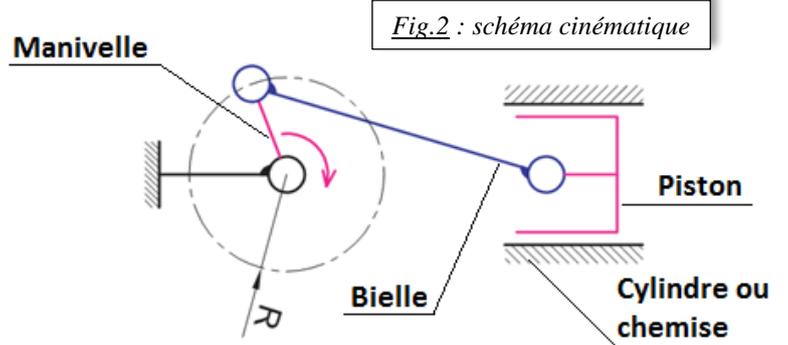


Fig.2 : schéma cinématique

- La bielle : elle est une pièce généralement obtenue au forgeage. Elle est constituée de pied relié à l'axe du piston (en mouvement de translation), de tête articulée à la manivelle (en mouvement de rotation) et de corps (en mouvement plan) compris entre le pied et la tête.

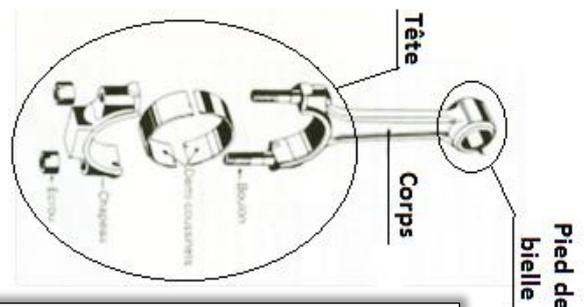


Fig.3 : éléments constitutifs de la bielle

- La manivelle : exemple du vilebrequin

La translation du piston peut entraîner la rotation du vilebrequin à l'exception des deux positions particulières (points morts haut et bas). Ces deux positions sont rendues franchissables grâce à l'inertie de la masse du vilebrequin.

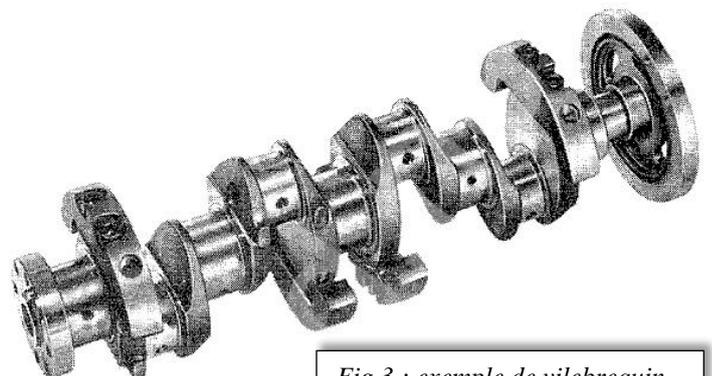


Fig.3 : exemple de vilebrequin

3- ETUDE CINEMATIQUE :

3-1- Course C (en mm)

$$C = OA_1 + OA_2$$

$$\text{or } OA_1 = OA_2 = r$$

$C = 2r$ avec r étant le rayon de la manivelle

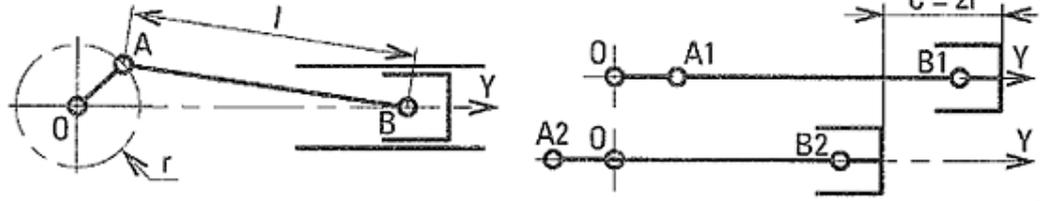


Fig.4 : illustration de la course du piston

3-2- Trajectoire bielle:

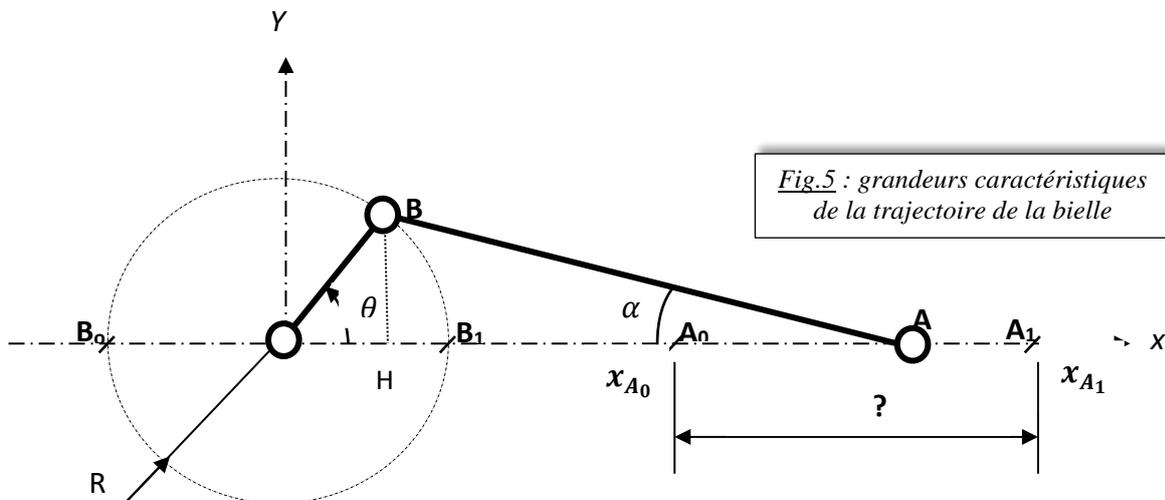


Fig.5 : grandeurs caractéristiques de la trajectoire de la bielle

Le point A effectue un mouvement rectiligne alternatif limité : $x_{A_0} \leq x_A \leq x_{A_1}$

$$A_0B_0 = A_1B_1 = AB = l$$

$$x_A = \overline{OA} = \overline{OH} + \overline{HA}$$

$$x_A = R \cos \theta + l \cos \alpha \quad \text{avec } l \text{ étant la longueur de la bielle}$$

Dans les triangles OBH et ABH, on peut exprimer $l \cos \alpha$ en fonction de l, R et θ , on aura :

$$OH = R \cos \theta \text{ et } BA^2 = BH^2 + HA^2 \rightarrow HA = \sqrt{BA^2 - BH^2} = \sqrt{l^2 - R^2 \sin^2 \theta}$$

or $BH = R \cdot \sin \theta$ on aura donc:

$$OA = R \cos \theta + \sqrt{l^2 - R^2 \sin^2 \theta}$$

D'où

$$x_A = R \cos \theta + \sqrt{l^2 - R^2 \sin^2 \theta}$$

Le terme $\sqrt{l^2 - R^2 \sin^2 \theta}$ vient modifier la loi du mouvement sinusoïdal du point H.

On admet pratiquement que si $l > 5R$, le terme $\sqrt{l^2 - R^2 \sin^2 \theta}$ est presque équivalent à l, le mouvement reste alors sinusoïdal

Par contre si $l < 3R$ une nette différence apparaît entre les deux moitiés de mouvement, au niveau des vitesses et des accélérations.

3-3- Diagramme des espaces :

La manivelle est animée d'un mouvement de rotation uniforme. Le diagramme des espaces est déterminé par la position de la tête de bielle A liée au maneton (manivelle) pour les diverses positions du pied de bielle B

La détermination graphique se réalise en divisant la trajectoire du maneton A en divisions arbitrairement égales, ainsi que l'axe des temps pour un tour. Chaque division de l'espace et des temps donne un point de la courbe. Celle-ci se rapproche d'une sinusoïde.

Remarque : après un tour de manivelle, la courbe des espaces devient la même.

3-4- Diagramme des vitesses :

$$V_A = \frac{dx}{dt} = \frac{dx_A}{dt} = \frac{dx_A}{d\theta} \times \frac{d\theta}{dt} = -R \omega \cdot \sin \theta$$

avec $l > 5R$ et $\omega = \dot{\theta}$

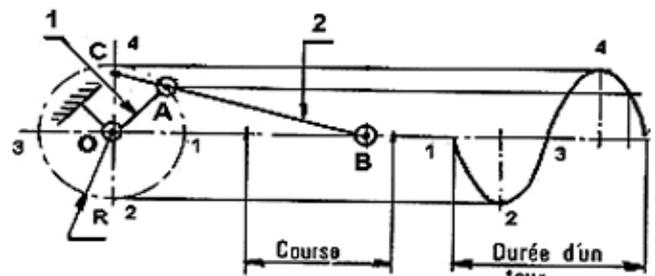
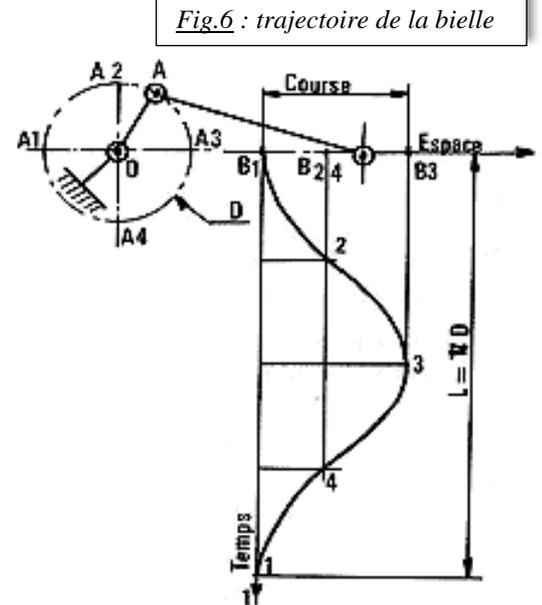
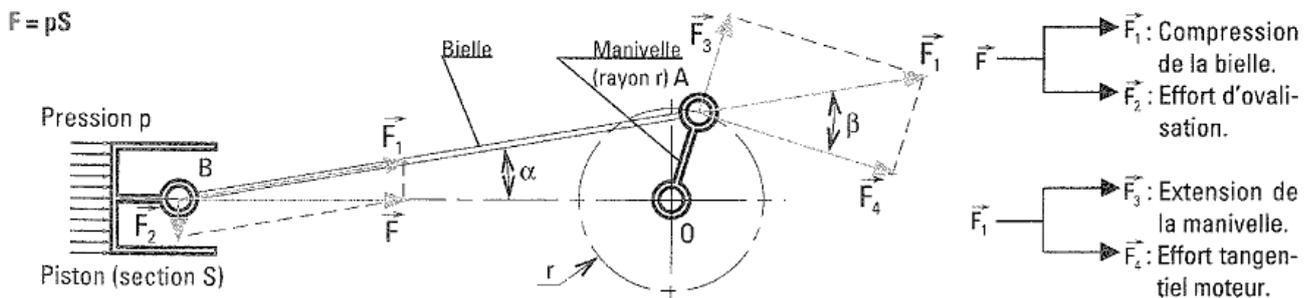


Fig.6 : courbe des vitesses

4- ETUDE DES EFFORTS :



Expression du couple moteur

$$C = F_4 \cdot r = F_1 \cdot r \cdot \cos \beta = F \cdot r \cdot \frac{\cos \beta}{\cos \alpha}$$

Fig.7 : expression des efforts transmissibles

5- CONCEPTION ET CHOIX DE MATERIAUX :

5-1. Conception :



Fig.8 : Phase aller (bielle sollicitée en compression)

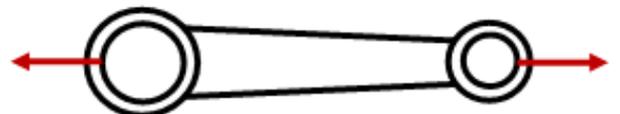


Fig.9 : Phase retour : bielle sollicitée en traction

Compte tenu des efforts sur la tête et le pied de la bielle, les alésages subissent un phénomène appelé **ovalisation**.

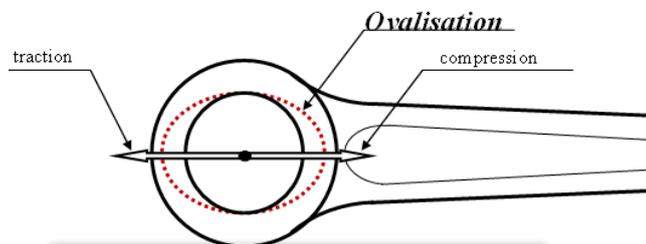


Fig.10 : mise en évidence de l'ovalisation

Par conséquent, la bielle doit être conçue résistante. Les articulations devront également être conçues avec des éléments d'usure (ex : coussinet) de façon à éviter l'**ovalisation** des alésages de la tête et du pied de bielle

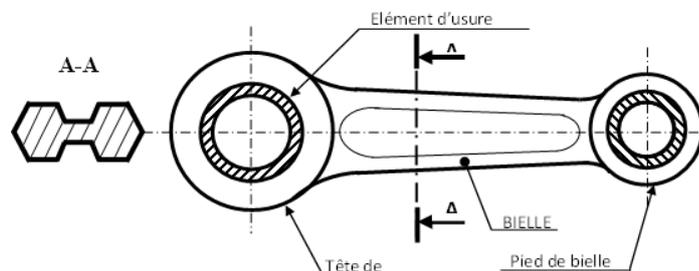


Fig.11 : exemple de solution pour corriger l'ovalisation

5-2- Matériaux pour bielles et manivelles :

Les bielles pour machines lentes (pompes, presses,...) sont en : acier forgé non allié, fonte malléables. Les bielles pour moteurs rapides (moteurs à explosion, ...) sont en acier forgé faiblement allié (Ni, Cr, Mo) Une manivelle subit des efforts variables en intensité et en direction.

Il faut employer des matériaux résistants et façonnés par:

- moulage : fonte et acier
- forgeage ou estampage : acier doux ou mi-dur

Autre solution technologique : manivelle et coulisse :

La rotation continue de la manivelle se transforme en une translation alternative de la coulisse grâce à la noix coulissante. Le système est réversible.

Fig.12 : schéma cinématique

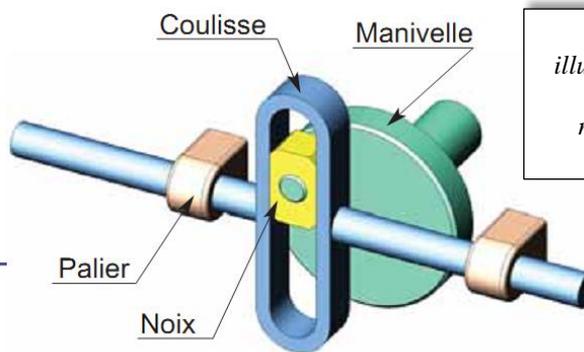
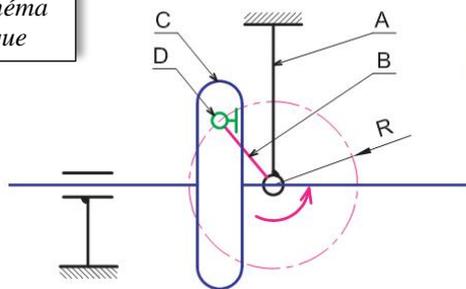


Fig.13 : illustration de la variante manivelle et coulisse

Application : Compresseur d'air à 1 piston.

- 1- Compléter les schémas cinématiques ci-contre.
- 2- Déterminer le volume balayé par le piston pour un tour de la manivelle (ou la cylindrée). En déduire le débit-volume, en m^3/min , correspondant.
- 3- Calculer la force de pression du piston. En déduire la pression, en bar, fournie par la machine.

On donne : $ZB = 20$; $ZC = 30$; $R = 50$ mm ; $r_{\text{piston}} = 45$ mm et $NB = 1500$ tr/min, $F_t = 0,5$ daN ; $\alpha = 30^\circ$; $\beta = 40^\circ$.

